

Г. И. МАХОНИНА, Т. С. ЧИБРИК

**НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ОТВАЛАХ
КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ
ЗАРАСТАНИИ ИХ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ**

В настоящее время на суше трудно найти участок, который в той или иной мере не испытывал бы «давления жизни» (Вернадский, 1967). Если на дневной поверхности окажутся обнажения глубинных горных пород, еще не затронутых современными процессами жизни, они немедленно подвергнутся целому комплексу воздействий со стороны окружающей среды и организмов, постепенно изменятся под влиянием начавшихся процессов почвообразования. На них поселятся, прежде всего, микроорганизмы, затем водоросли, лишайники, мхи и, наконец, высшие растения, которые первоначально закрепятся в местах скопления мелкозема, содержащего необходимые питательные вещества в доступной им форме (Полынов, 1956). После появления высшей растительности процессы естественного зарастания и почвообразования на таких участках значительно ускорятся.

Отвалы горных пород, извлеченных из глубин разрезов (карьеров) при добыче угля, представляют собой практически стерильные безжизненные субстраты, освоение которых жизнью идет по охарактеризованной выше схеме. Однако если они образованы из рыхлых и не токсичных для растений горных пород, то, в отличие от начальных этапов зарастания и почвообразования на скальных породах, высшие растения на них появляются уже в первый же год после отсыпки. Скорость зарастания и почвообразования в этом случае будет зависеть и от климатических факторов местности, и от свойств горных пород, и от характера растительности, т. е. от основных факторов почвообразования, установленных В. В. Докучаевым.

Задачей настоящей работы является сопряженное изучение начальных этапов почвообразования на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза в зависимости от их возраста при естественном зарастании. Кумертауский разрез расположен на крайнем юге Башкирской АССР вблизи границы лесостепной и степной зон среди всхолмлений Общего Сырта. Территория слабо облесена, преобладают остатки степной растительности, посевы и залежи на различного характера черноземных почвах (выщелоченные, типичные и солонцеватые). Климат района умеренно континентальный

с умеренно холодной зимой и теплым летом, количество осадков 400—500 мм в год. Работа проводилась на внешних железнодорожных отвалах, на поверхности которых по маркшейдерским данным были установлены границы ежегодных засыпок. Это позволило привязать геоботанические описания естественной растительности и отбор образцов грунтов к участкам известного возраста и породного состава. Геоботаническое описание проводилось по общепринятым методикам. Были описаны участки с отсыпками 1, 2, 4, 6 и 12-летнего возраста. Образцы грунтов отбирались во всех случаях с глубин 0—2, 2—7 и 7—20 см, т. е. до глубины наибольшего распространения корневых систем. С тех же глубин и ниже взяты образцы зональной почвы (чернозем обыкновенный) на соседних с отвалами остепненных участках с разнотравно-типчаковой растительностью. В связи с мозаичностью и неоднородностью растительного покрова, на одновозрастных участках отвалов образцы грунтов отбирались из-под пятен с разным составом растений, а затем смешивались. Средний образец с каждого участка получался из 5—10 таких разрезов. Подготовка проб образцов к анализу проводилась по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970). Содержание углерода определено методом Тюринга, азота — по Несслеру, калия — методом Пейве и фосфора — по Кирсанову. Микроэлементы определялись спектральным полуколичественным методом.

В Кумертауском разрезе добывается бурый уголь третичного возраста. Надугольные вскрышные породы представлены, в основном, краснобурыми четвертичными суглинками. Мощность их во вскрыше от 3—5 до 60 м, и они преобладают на поверхности отвалов. Породами, подстилающими угольные пласты, являются тяжелые «синие» глины, третичные глины и кварцевый песок. Скальных пород во вскрыше нет. Взрывные работы в карьере производятся только зимой для разрушения слоя промерзания.

Естественное зарастание отвалов высшими растениями идет довольно интенсивно, начиная с первых же лет после прекращения отсыпки грунта. В первые 1—2 года на поверхности отвала формируются пионерные растительные группировки из редкого разнотравья. Общее проективное покрытие поверхности растительностью на однолетних участках составляет до 20—30%, на двухлетних — 30—50% при очень незначительной задерненности (менее 10—15%). На одногодичной засыпке зарегистрировано всего 19 видов, из которых около 80% относятся к сорному разнотравью; обилие их невелико (sol, редко sp). Чаще других встречается *Atriplex nitens*. Отмечено всего 4 вида злаков (*Setaria viridis*, *S. glauca*, *Panicum crusgalli*, *Hordeum vulgare*), три из которых — типичные однолетние сорняки, а ячмень попал вследствие случайного заноса семян. Подавляющее большинство видов — однолетники (85%), мезофиты (74%).

Количество видов в составе растительных группировок нарастает очень быстро. Уже на двухлетнем участке зарегистрировано

35 видов, хотя обилие их по-прежнему невелико (sol, редко sp). Абсолютное количество видов злаков не изменяется, но меняется их качественный состав. Вместо однолетних сорных видов появляются многолетние корневищевые — костер безостый (*Bromus inermis*) и пырей ползучий (*Agropyrum repens*). Хотя оба вида чаще всего относятся к мезофитам (Быков, 1962), для них характерна широкая экологическая амплитуда и наличие гигромезо-, галомезо- и ксеромезоэкотипов. Эти злаки обладают большой энергией вегетативного размножения и высокой конкурентной способностью, они являются активными эдификаторами местных луговых и лугово-степных фитоценозов. Поэтому появление их на молодых участках отвалов имеет этапное значение и знаменует начало формирования устойчивых фитоценозов. На двухлетних участках (засыпка 1969 г.) костер и пырей встречаются еще в виде единичных куртин диаметром 10—20 см. На двухлетнем участке происходит разрастание куртин и единично появляются многолетние бобовые (донники и клевера). Увеличивается и абсолютное количество видов разнотравья (преимущественно сорного), но доля его в общем числе видов несколько снижается. В сложении растительных группировок значительно возрастает роль многолетников. Их процент в общем числе видов увеличивается с 10 до 54, а однолетних — уменьшается с 84 до 32. В целом растительность двухлетних участков отвала еще находится на стадии пионерных растительных группировок с незначительным преобладанием мезофитов (54%).

Растительность четырехлетнего участка по составу и структуре еще близка к двухлетнему, она крупнобурьянистая, сосредоточена в мезо- и микропонижениях на поверхности отвала. Сложение ее пятнистое, выделяются куртины костра безостого и пырея ползучего диаметром 1,0—1,5 м, мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*, sp gr) и чертополоха (*Carduus crispis*). Общее покрытие поверхности этого участка растительностью 40—60%. Основную массу составляют по-прежнему сорное разнотравье и мезофиты. Принципиального отличия от более молодых пионерных группировок еще нет.

На 6—12-летних участках зафиксированы уже сложные разнотравные растительные группировки с преобладанием многолетников (60—73%). Однако по абсолютному количеству и в процентном отношении основную массу видов все еще составляют сорняки: за шесть лет (с 6 до 12-летнего возраста) доля их уменьшилась лишь на 5%. На шестилетнем участке доминируют люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*, сор₂) и клевер ползучий (*Trifolium repens*, sp — сор₁), единично встречаются куртины корневищевых злаков — костра, пырея и вейника. Двенадцатилетний участок расположен на первом, более низком ярусе отвала, на нем по обилию выделяются донник лекарственный *Melilotus officinalis* (сор₁ — сор₂) и мать-и-мачеха (sp gr — сор₁). Сложение растительности неравномерное, обогащается видовой состав злаков

Таблица 1

Сравнительная характеристика флористического состава травостоя отвалов Кумертауского разреза *

Год засылки	Возраст участка	Общее проективное покрытие, %	Общее количество видов	Состав компонентов													
				б. танический			биологический			ценотический			экологический				
				злаки	бобовые	разнотравье	однолетние	двулетние	многолетние	луговые	степные	сорные	мезофиты	ксеромезофиты	мезоксерофиты	ксерофиты	гигрофиты и мезо-гигрофиты
1970	1	20—30	19 100	4 21,0	—	15 79,0	16 84,2	1 5,3	2 10,5	—	—	17 89,5	14 73,7	3 15,8	2 10,5	—	—
1969	2	30—50	35 100	4 11,5	6 17,1	25 71,4	12 34,3	6 17,2	17 48,5	9 25,7	2 5,7	23 65,6	19 54,3	8 22,8	4 11,4	3 8,6	1 2,9
1967	4	40—60	36 100	6 16,6	4 11,2	26 72,2	11 30,6	6 16,6	19 52,8	7 16,7	2 8,3	27 75,0	24 66,7	7 19,4	3 8,3	1 2,8	1 2,8
1965	6	70	40 100	8 20,0	7 17,5	25 62,5	10 25,0	6 15,0	24 60,0	10 25,0	7 17,5	20 50,0	22 55,0	5 12,5	6 15,0	4 10,0	3 7,5
1959	12	80—100	44 100	10 22,7	6 13,7	28 63,6	8 18,2	4 9,1	32 72,7	15 34,0	6 13,6	20 45,4	25 56,8	7 15,9	5 11,3	2 4,7	5 11,3

* В числителе абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего числа.

(11 видов). Наряду с длиннокорневищевыми, такими как пырей (*sol gr*), костер (*sol gr*) и вейник наземный (*sol gr*), появляются мятлик луговой (*Poa pratensis, sol gr*) и полевица обыкновенная (*Agrostis vulgaris, sol gr — sp*). Заметно участие настоящих луго-востепных многолетников, вроде *Festuca pratensis*, *F. sulcata*, *Achillea nobilis*, *Artemisia absinthium*, *A. glauca*.

В целом на отвалах Кумертауского разреза процесс формирования высшей растительности идет довольно интенсивно. Уже к 6 годам формируются сложные растительные группировки с общим проективным покрытием до 70% при задерненности 30—40%, а на 12-летнем участке покрытие достигает 80—100% при задерненности 50—60%. Однако за эти шесть лет качественное состояние сложных растительных группировок почти не изменяется. По видовому составу по-прежнему преобладает сорное разнотравье. Внедрения новых видов из ксеромезофитов, мезоксерофитов и ксерофитов не происходит, а удельный вес видов этих групп даже несколько снизился (до 44%), так как общее количество видов немного возрастает. Анализ растительности на отвалах Кумертауского разреза показывает, что, начиная со стадии сложных растительных группировок, процесс сингенеза естественной растительности несколько замедляется. Растительность 12-летних участков все еще находится на стадии сложных растительных группировок, хотя пространственное распределение отдельных видов более равномерное, чем на молодых участках.

Кроме отвалов Кумертауского разреза рекогносцировочно обследована растительность 12—18-летнего отвала соседнего заброшенного Маячного разреза. На нем по породному составу ясно различимы два участка. Один из них сложен верхними вскрывшимися породами — четвертичными суглинками, в составе которых попадаются пятна почвенно-растительного слоя (чернозем мощностью 60—80 см). Здесь сформировались разнотравно-злаковые фитоценозы, причем в зависимости от возраста засыпок меняется видовой состав доминирующих злаков. На более молодых (12-летних) доминируют корневищевые злаки, в основном пырей ползучий, а на самых старых (18-летних) разрослись плотнотравные злаки и эдификатором является типчак (*сop₁*). Общее проективное покрытие поверхности отвала растительностью 80—90%, задернение до 70%. Травостой невысокий (15—20 см), ежегодно стравливается скотом. На втором участке на поверхности отвала визуально выделяется много светлых пятен. В эту часть отвала, наряду с четвертичными суглинками, попали глины подугольных пластов, кварцевый песок и частично слабосцементированный песчаник. Естественное зарастание здесь идет менее интенсивно. К 12-летнему возрасту формируются злаково-разнотравные сложные растительные группировки, а на 18-летних засыпках — разнотравно-злаковые открытые фитоценозы. Среди злаков преобладают корневищевые (пырей ползучий и мятлики). Общее проективное покрытие 50—60%.

Таким образом, естественное зарастание отвалов Кумертауского разреза, начинаясь на однолетних засыпках пионерными группировками сорняков-однолетников, быстро проходит эту стадию. К шести годам они преобразуются в открытые мозаичные заросли с преобладанием сорных многолетних растений, медленно эволюционирующих затем до стадии сложных, но еще открытых фитоценозов.

Почвенные разрезы с отбором проб для анализа были заложены под растительностью на 4, 6 и 12-летних засыпках Кумертауского разреза на выровненных элементах рельефа отвалов. Разрез № 1 заложен на отвале 1967 г. отсыпки и имеющем, следовательно, 4-летний возраст. Разрез имеет следующее морфологическое строение.

- A_0 0—2 см — темновато-бурый, рыхлый, густо пронизан корнями, непрочнокомковатой структуры сухой суглинок, переход в следующий горизонт резкий по цвету.
- A_1B 2—7 см — красновато-бурый, рыхлый, с большим количеством корней, бесструктурный суглинок, переход в следующий горизонт постепенный.
- BC 7—20 см — красновато-бурый, плотноватый, бесструктурный суглинок, корней мало.
- C >20 см — неизменные четвертичные суглинки, красно-бурые, бесструктурные.

Разрез № 2 заложен на отвале 1965 г. отсыпки (возраст 6 лет) примерно в 300 м от разреза № 1.

- A_0 0—2 см — темно-бурый, плотноватый, густо пронизан корнями, непрочнокомковатой структуры сухой суглинок, переход в следующий горизонт резкий по цвету.
- AB 2—7 см — светлее предыдущего, встречается много корней, плотноватый, бесструктурный суглинок, переход в следующий горизонт постепенный.
- BC 7—20 см — красновато-бурый, плотноватый бесструктурный суглинок, встречаются корни.

Разрез № 3 заложен на отвале 1959 г. отсыпки (возраст 12 лет) примерно в 1 км от разреза № 2.

- A_0 0—2 см — плотная дернина, густо сплетенная корнями, буровато-серая, непрочнокомковатая, переход в следующий горизонт замечен по цвету.
- AB 2—7 см — темно-бурый, много корней, плотноватый, непрочнокомковатой структуры суглинок, переход постепенный.
- BC 7—20 см — красновато-бурый, бесструктурный суглинок, встречаются корни.

Таким образом, с увеличением возраста участка отвалов в верхнем слое (0—2 см) наблюдаются морфологические изменения: возрастает плотность грунта и его насыщенность корнями, окраска становится более темной. В слоях 2—7 и 7—20 см особых изме-

нений с возрастом не наблюдается, и лишь на самом старом 13-летнем участке обнаруживается заметное их прокрашивание.

Для сравнения свойств образующихся на отвале почв с зональными почвами в 3 км от отвала был заложен разрез № 4 под разнотравно-типчаковой степной группировкой на черноземе обыкновенном. Мощность гумусовых горизонтов (A+B) этой почвы — 62 см, содержание перегоя в слое 0—20 см — 8,83%.

Агрохимическая характеристика образцов приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Агрохимическая характеристика поверхностных пород отвалов
Кумертауского буроугольного разреза на отсыпках разного возраста**

Глубина взятия, образца, см	Вид анализа	Результаты агрохиманализа пород разновозрастных участков отвалов			
		4 года (1967)*	6 лет (1965)	12 лет (1969)	Зональный обыкновенный чернозем
0—2 2—7 7—20 20—62 62—66	C, %	0,54 0,45 0,13 — —	1,28 1,07 0,21 — —	1,35 1,14 0,31 — —	15,21 10,62 3,18 2,00 0,51
0—2 2—7 7—20 62—66	N, %	0,12 0,09 0,07 —	0,15 0,13 0,06 —	0,15 0,12 0,10 —	0,89 0,54 0,41 0,07
0—2 2—7 7—20 62—66	C:N	4,50 5,00 2,00 —	8,50 8,00 3,50 —	9,00 9,50 3,10 —	17,90 19,60 7,80 7,00
0—2 2—7 7—20 62—66	pH солевой	7,10 7,20 7,60 —	7,20 7,00 6,60 —	6,90 6,50 7,40 —	5,80 5,80 7,20 5,90
0—2 2—7 7—20 62—66	P ₂ O ₅ мг/100 г	12,25 10,00 10,00 —	15,00 12,50 20,05 —	10,00 10,00 12,50 —	3,75 1,25 1,87 1,25
0—2 2—7 7—20	K ₂ O, мг/100 г	3,00 8,30 3,80	7,50 7,50 9,40	16,50 4,00 6,50	— 12,00 15,00

* Год отсыпки участков отвала.

Грунт отвалов разного возраста по величинам рН (6,5—7,6), содержанию доступного P_2O_5 (10—20 мг на 100 г) и, в меньшей мере, K_2O можно считать вполне благоприятным для поселения растений. Количество доступного P_2O_5 в грунтах много выше содержания его в зональном черноземе. В распределении P_2O_5 и K_2O по профилю грунтов разного возраста не наблюдается какой-либо определенной закономерности. Зато четкая закономерность проявляется в распределении С и N по глубине профиля образующихся почв и в зависимости от увеличения возраста отсыпок. Содержание С и N растет в соответствии с увеличением времени почвообразования и отчетливо снижается до десятых долей процента уже на глубине 7—20 см. Количество углерода и азота особенно быстро увеличивается по мере «старения» засыпок в самом верхнем 0—2-сантиметровом слое. Это естественно, так как освоение субстратов высшими растениями и микроорганизмами начинается с поверхностных слоев. Накоплению С и N в верхнем слое (0—2 см) способствует и отложение надземной и подземной биомассы растений после ее отмирания. С глубиной количество С и N резко уменьшается. По существу, только в слое 0—20 см и проявляются начальные процессы их накопления. Зная накопление углерода по годам в слое 0—20 см, можно подсчитать среднюю скорость его накопления в пределах первых 4—12 лет почвообразования. Она в слое 0—2 см изменяется от 0,37% до 0,01% С/год, в слое 2—7 см соответственно от 0,31% до 0,01% С/год и в слое 7—20 см от 0,04% до 0,02% С/год. Скорость накопления N ниже скорости накопления С для верхних слоев примерно в 10—20 раз. Такая разница в скоростях накопления углерода и азота может быть объяснена тем, что исходно субстраты отвалов практически не содержат азота и поселяющаяся высшая растительность постоянно использует азот, накапливаемый микроорганизмами. Иначе говоря, накопленный микроорганизмами азот находится в биологическом круговороте и, по-видимому, почти не выходит за пределы биомассы растительного покрова.

Качественно кривые накопления С и N сходны, что указывает на «почвенное» происхождение этих элементов. Однако соотношение С : N очень узкое и увеличивается с возрастанием времени почвообразования в среднем с 3,9 до 7,2, не достигая, впрочем, и через 12 лет величины отношения С : N, свойственной зональной почве (~13). Такое соотношение С : N можно объяснить, с одной стороны, фиксацией атмосферного азота в виде NH_4^+ субстратами отвалов, а с другой — тем, что основная масса азота имеет микробное происхождение, а для тел этих организмов соотношение С : N более узкое, чем у высших растений (Кононова, 1963). Поскольку отношение С : N растет с увеличением возраста отвалов и интенсивности их зарастания, можно говорить об усилении участия высших растений в процессе почвообразования.

Сравнивая содержание микроэлементов в отвалах со средним содержанием их в почвах (Ковда, Якушевская, Тюрюканов, 1969),

Содержание микроэлементов в отвалах Кумертауского бурогольного разреза ($\text{п} \cdot 10^{-3} \%$)

Тип отвала	Глубина взятия образца, см	Cu	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Cr	Ni	Co	Ba	Sr	Mn	V	Ti
Отсыпка 1965 г. — возраст отвала 5 лет	0—2	7	15	1,5	5	0,7	0,2	100	70	3,0	30	15	150	30	700
	2—7	5	10	1,0	3	0,5	0,2	100	50	2,0	20	10	100	20	500
	7—20	7	15	1,0	5	0,5	0,2	100	50	3,0	20	7	100	20	500
Отсыпка 1959 г. — возраст отвала 12 лет	0—2	7	15	3,0	5	0,5	0,3	70	20	3,0	100	50	70	15	1000
	2—7	5	10	1,5	5	0,5	0,3	30	15	1,5	50	30	70	15	700
	7—20	5	7	1,5	3	0,5	0,3	30	15	1,0	50	30	100	15	500

можно отметить, что большинство важнейших микроэлементов в отвалах Кумертауского разреза находится в некотором избытке (табл. 3). Однако для многих из них этот избыток не выходит за границы колебаний содержания в разных типах почв и находится, следовательно, в пределах нормы. Только содержание As, Ni, Zn и Cr выше в 3—10 раз собственного разным типам почв и почвообразующим породам. Не исключено, что названные элементы могут оказывать отрицательное влияние на процессы заселения отвалов растительностью (Ковальский, Андрианова, 1970).

По глубине почвенного профиля микроэлементы распределены неравномерно, и для большинства (за исключением Mo, и отчасти Cr, Mn, V) наблюдается повышенное содержание в верхних горизонтах почв, что свидетельствует о начале их биологической аккумуляции. Сравнивая содержание микроэлементов в отвалах 5-ти и 12-летнего возраста, можно заметить, что в течение первых шести лет почвообразования общее содержание Cr, Ni, Mn, V по почвенному профилю снижается и увеличивается содержание Ba и Sr. Возможно, это обусловлено ходом начавшегося процесса почвообразования, а также промыванием грунтов атмосферными осадками.

При оценке разных способов рекультивации необ-

ходимо знать, за какой отрезок времени нарушенные земли можно превратить в нормальные зональные почвы. Предположим, что скорость накопления С на Кумертауском отвале останется постоянной и будет соответствовать величинам, указанным выше, вплоть до достижения содержания углерода в зональном обыкновенном черноземе. Тогда, подсчитав запасы накопленного углерода в $m/га$ в образующихся почвах за 8 лет и средний прирост его за год, а затем запасы углерода в гумусовом слое обыкновенного чернозема (0—62 см в нашей почве), можно примерно определить время, за которое образующаяся на отвалах почва способна превратиться в чернозем обыкновенный при естественном зарастании. По нашим подсчетам, это произойдет не менее чем через 300 лет. Конечно, скорость почвообразования есть функция от характера и состояния растительности и, следовательно, может увеличиваться по мере усложнения структуры и состава фитоценозов. Очевидно также, что с установлением устойчивых зональных фитоценозов скорость накопления С должна будет постепенно уменьшаться, так как система будет приходить в состояние динамичного равновесия. Следовательно, даже при интенсивном зарастании отвалов, образование зональной почвы — процесс весьма длительный.

Сравнивая накопление органических веществ в образующихся почвах в процессе почвообразования и закономерности естественного зарастания отвалов, можно отметить, что с увеличением процента проективного покрытия, внедрением злаков, многолетних форм степных и луговых видов увеличивается и содержание углерода и азота.

На отвалах Кумертауского разреза пионерные смешанные растительные группировки удерживаются в течение 4—5 лет, следующая стадия сложных растительных группировок длится 5—12 лет. В более ксерофитных условиях отвалов Маячного разреза продолжительность стадии сложных растительных группировок несколько сокращается, и на 12-летних участках отвала уже формируются разнотравно-злаковые открытые фитоценозы.

Таким образом, сопряженное изучение процессов естественного зарастания и начальных этапов почвообразования на отвалах Кумертаусского буроугольного разреза позволяет сделать вывод, что эти два процесса очень тесно связаны, и предположить, что большее влияние на накопление углерода и азота в образующихся почвах оказывает качественное состояние фитоценоза.

ЛИТЕРАТУРА

Аринюшкина Е. В., 1970. Руководство по химическому анализу почв. МГУ.

Быков Б. А., 1962. Доминанты растительного покрова Советского Союза, т. 2. Алма-Ата, АН Каз. ССР.

Вернадский В. И., 1967. Биосфера. М., «Мысль».

Ковальский В. В., Андрианова Г. А., 1970. Микроэлементы в почвах СССР. М., «Наука».

Ковда В. А., Якушевская И. В., Тюрюканов А. Н., 1959. Микроэлементы в почвах Советского Союза. МГУ.

Кононова М. М., 1963. Органическое вещество почвы. М., АН СССР.

Полынов Б. Б., 1956. Избр. соч., М., АН СССР.

Тюрин И. В., 1965. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М., «Наука».